

Performance of a membrane bioreactor with sludge ozonation process for minimization of excess sludge production // Desalination. – 2003. – No.157. – p.353-359.

25.P.Artiga, E.Ficara, F.Malpei, J.M.Garrido, R.Mendez. Treatment of two industrial wastewaters in a submerged membrane bioreactor // Desalination. – 2005. – No.179. – p.161-169.

26.K.Tarnacki, S.Iyko, T.Wintgens, T.Melin, F.Natau. Impact of extra-cellular polymeric substances on the filterability of activated sludge in membrane bioreactors for landfill leachate treatment // Desalination. – 2005. – No.179. – p.181-190.

27.Stefan Holloer, Walter Trosch. Treatment of urban wastewater in a membrane bioreactor at high organic loading rates // Journal of Biotechnology. – 2001. – No.92. – p. 95-101.

28.S.Rosenberger, U.Kruger, R.Witzig, W.Manz, U.Szewzyk, M.Kraume. Performance of a bioreactor with submerged membranes for aerobic treatment of municipal waste water // Water Research. – 2002. – No.36. – p. 413-420.

29.S.Katayona, M.J.Megat Mohd Noora, J.Ahmadb, L.A.Abdul Ghania, H.Nagaokac, H.Ayac. Effects of mixed liquor suspended solid concentrations on membrane bioreactor efficiency for treatment of food industry wastewater // Desalination. – 2004. – No.167. – p.153-158.

30.Ying Wanga, Xia Huang, Qipeng Yuan. Nitrogen and carbon removals from food processing wastewater by an anoxic/aerobic membrane bioreactor // Process Biochemistry. – 2005. – No.40. – p.1733-1739.

Получено 12.10.2006

УДК 628.1

В.Д.КОЛОТИЛО, В.Я.КОБЫЛЯНСКИЙ, кандидаты техн. наук,
Е.Э.МАКСИМОВА
КП «ПТП «Вода», г.Харьков

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ г.ХАРЬКОВА

Рассматриваются возможности существующих сооружений кондиционирования питьевой воды систем централизованного водоснабжения по обеспечению повышенных требований к качеству питьевой воды. Установлено, что существующие производственные мощности обладают значительным технологическим резервом для более жесткого регулирования качества питьевой воды по таким показателям, как мутность, перманганатная окисляемость, концентрация остаточного хлора и хлороформа.

Надежность бесперебойного функционирования систем централизованного водоснабжения и гарантированное нормативное качество питьевой воды остается определяющим фактором безопасного и комфортного проживания населения городов, особенно крупных мегаполисов, к которым относится г.Харьков.

Очевидно, что острота и глобальность проблем питьевого водоснабжения только возрастает – по данным ООН 1 млрд. человек не имеет доступа к чистой и безопасной питьевой воде, 5 млн. человек ежегодно умирает от бактериально загрязненной воды [1]. От проблемы роста числа заболеваний, связанных с недоброкачественной питье-

вой водой, не защищены и технологически развитые страны, например, США (табл.1) [2].

Таблица 1 – Динамика инфекционных «водных» заболеваний в США

Период	Заболевшие	Умершие	Период	Заболевшие	Умершие
1920-1930 гг.	102024	669	1971-1980 гг.	78155	5
1931-1940 гг.	93306	320	1981-1990 гг.	63549	6
1941-1950 гг.	59935	61	1991-1996 гг.	426385	78
1951-1960 гг.	12491	10	Всего	876244	1169
1961-70	46399	20			

Рост числа заболевших в 90-е годы вызван расширением перечня заболеваний, для которых установлен водный путь передачи. Это означает, что требования к качеству питьевой воды постоянно ужесточаются, особенно в отношении ее микробиологической безопасности, что остается приоритетным направлением практической деятельности предприятий водоснабжения. Действительно, из табл.1 следует, что соотношение экохимических и экобиологических рисков при централизованном водоснабжении составляет 1:200.

Но микробиологическая безопасность питьевой воды неразрывно связана с технологиями ее обеззараживания, подавляющее большинство которых назвать экологически чистыми вряд ли возможно [3]. Поэтому следует признать ключевое положение, которое должно быть положено в основу совершенствования технологий водоподготовки: невозможно при централизованном водоснабжении одновременно обеспечить абсолютную химическую безопасность и микробиологическую стерильность питьевой воды на всех этапах ее производства и транспортирования до потребителя. Особенно, если применяется технология хлорирования питьевой воды.

Современные технологии позволяют проводить обеззараживание питьевой воды без применения хлора или его соединений. Например, безреагентная обработка воды ультрафиолетовым (УФ) излучением не только обеспечивает высокую эффективность удаления из воды вирусного и бактериального загрязнения [4], но и не изменяет при этом физико-химические параметры питьевой воды, сохраняя ее природные свойства, что важно при получении и расфасовке питьевой воды высшего качества [5].

Но в этом случае нерешенной остается проблема сохранения качества питьевой воды при ее транспортировании по водораспределительным сетям до потребителя [6]. Необходимо считаться с вторичным загрязнением воды в трубопроводах, которое, в частности, определяется биопленкой (рис.1 [7] и рис.2 [8]), формирующейся на внутренней

поверхности труб. Подавление биоценоза биопленки возможно при сохранении в воде на всем протяжении ее транспортирования дезинфектанта в необходимой концентрации. Для свободного хлора эта концентрация нормируется в пределах 0,3-0,5 мг/дм³.

Очевидно, что при неизбежности химической дезинфекции, например, хлорировании питьевой воды, речь можно вести исключительно о минимизации экологических рисков. В большинстве случаев при этом подразумевают, что достичь их возможно исключительно путем технологического переоснащения очистных сооружений, внедрения новых технологий и строительства новых блоков очистки. Это финансово сложно реализуемо и очень длительное во времени направление развития [9], а проблему снижения уровня экологического воздействия питьевой воды на потребителей необходимо решать безотлагательно.

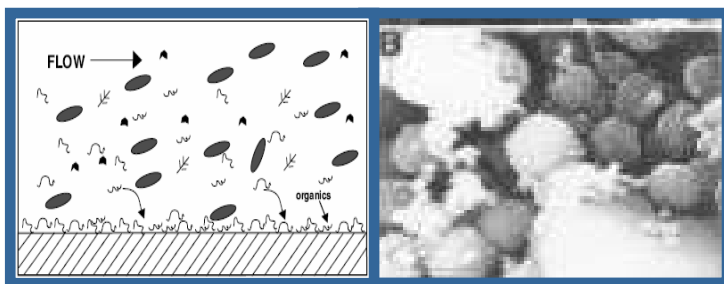


Рис.1 – Формирование субстрата биопленки внутри водовода

Рис. 2 – Электронная микроскопия внутренней поверхности трубы

Цель настоящей работы – изучение возможностей существующих технологий питьевой водоподготовки по обеспечению химической и микробиологической безопасности питьевой воды с позиций современных нормативных санитарно-гигиенических и экологических требований.

Исследования проводились в июне-июле 2006 г. на очистных сооружениях КП «ПТП «Вода» на типовой технологической схеме (рис.3), в которой реализуются процессы обесцвечивания, осветления и обеззараживания питьевой воды.

По показателю цветности воды основной источник водоснабжения г.Харькова – р.Северский Донец – круглогодично остается в пределах возможного его регулирования в пределах нормативных требований.

В отношении мутности воды необходимо отметить, что в Украине этому показателю не уделяется должного внимания. Например, но-

вейшие отечественные санитарные требования остаются на уровне стандартов США 80-х годов прошлого столетия (табл.2 [2]) – Держ-СанПиН Украины «Вода питна» №383 устанавливает величину мутности 0,29 мг/дм³.

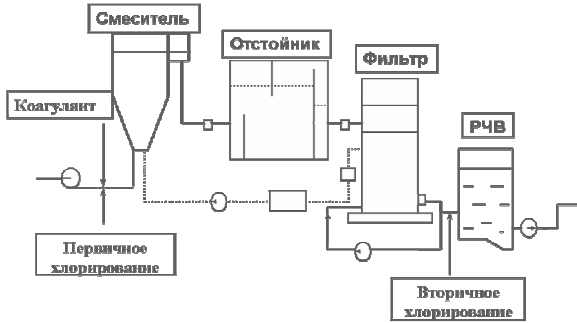


Рис.3 – Технологическая схема водоподготовки КП «ПТП «Вода»

Таблица 2 – Нормы качества питьевой воды по показателю мутности в США

Год	Мутность, мг/дм ³	Год	Мутность, мг/дм ³	Год	Мутность, мг/дм ³
1950	5,8	1977	0,58	1995	0,058
1962	2,9	1989	0,29		

Более того, предприятия водоснабжения до сих пор руководствуются действующим ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая», которым мутность устанавливается в пределах 1,5 мг/дм³.

В то же время известно, что ужесточение стандарта США по нормативу мутности питьевой воды с 1950 г. по 1995 г. в 100 раз связано с тем, что гарантированное обеззараживание питьевой воды обеспечивается при мутности не более 0,05 мг/дм³ [2].

Результаты исследования на водоочистных сооружениях ПУВХ «Донец» в июне-июле 2006 г. показали, что при выборе оптимальных доз коагулянтов и при увеличении эффективности фильтрации мутность питьевой воды можно снизить до 0,1 мг/дм³, и длительное время сохранять ее в новых нормативных пределах 0,29 мг/дм³ (рис.4, а). Данные, приведенные на рис.4, б, показывают, что при этом произошло также улучшение качества питьевой воды по показателю перманганатной окисляемости, который при резком уменьшении мутности воды снизился с 5,4 до 4,6 мг/дм³. Динамика этого показателя в период минимальной мутности (0,1-0,15 мг/дм³) свидетельствует, что возможно достичь рекомендуемого нормативного показателя 4,0 мг/дм³.

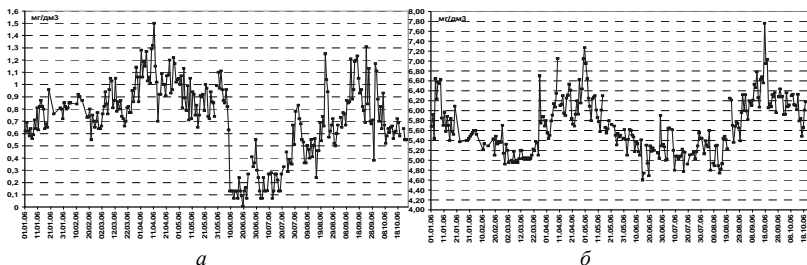


Рис.4 – Мутность (а) и окисляемость (б) питьевой воды в 2006 г.

Поскольку показатель перманганатной окисляемости дает интегральную оценку содержания в воде органических веществ, интерес представляет динамика содержания в воде отдельных, особо опасных, органических веществ. В качестве контрольного вещества в наших исследованиях был выбран хлороформ – вещество, которое является побочным продуктом хлорирования питьевой воды и образуется в результате взаимодействия хлора с растворенным в воде органическим веществом. Хлороформ признан канцерогенным веществом [10]. В Украине установлен один из самых жестких в мире нормативов на допустимое содержание хлороформа в питьевой воде – 60 мкг/дм³. В России эта величина установлена для бутылированных вод. Данные, представленные на рис.5, показывают, что снижение мутности воды сопровождается снижением концентрации хлороформа с 75-80 до 35-45 мкг/дм³.

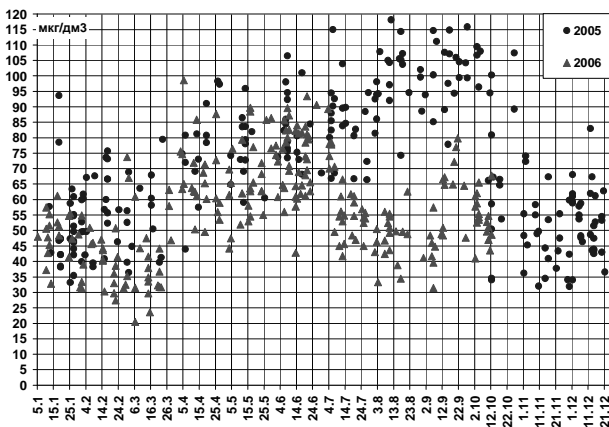


Рис.5 – Концентрация хлороформа в воде в 2005-2006 гг.

Сравнение данных по хлороформу за 2006 г. с данными за 2005 г., когда мутность воды находилась в пределах 0,8-1,2 мг/дм³, позволяет заключить, что регулируя мутность питьевой воды в пределах 0,1-0,29 мг/дм³, можно решить проблему предотвращения загрязнения воды опасными побочными продуктами хлорирования.

Для управления мутностью питьевой воды существенную роль играет имеющаяся на очистных сооружениях возможность промышленного применения слабоанионного флокулянта Магнафлок LT25, повышающего эффективность процесса коагуляции и осветления питьевой воды. Из рис.4, 5 видно, что в паводковый период (февраль-март 2006 г.), когда используется флокулянт, остается достаточно низким органическое загрязнение воды (окисляемость) и содержание хлороформа.

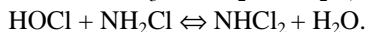
Касаясь проблемы микробиологической безопасности водоснабжения, необходимо особое внимание обратить на трудности сохранения качества очищенной питьевой воды при ее транспортировке на большие расстояния. Эта проблема характерна для системы водоснабжения г.Харькова – от сооружений водоподготовки в пгт Краснопавловке вода проходит до Харькова по трубопроводам 140 км, время транспортирования – около двух суток. В 2003 г. здесь была внедрена технология хлораммонизации.

Известно, что в воде хлор гидролизуется с образованием хлорноватистой кислоты:



В щелочной среде хлорноватистая кислота диссоциирует с образованием иона водорода и гипохлоритного иона: $\text{HOCl} = \text{H}^+ + \text{OCl}^-$

При наличии в воде аммиака образуются моно- и дихлорамины:



Таким образом, при хлорировании воды на микроорганизмы могут действовать Cl_2 , HOCl , OCl^- , NH_2Cl и NHCl_2 – это так называемый активный хлор. При этом Cl_2 , HOCl и OCl^- – это свободный хлор, хлорамин и дихлорамин – связанный хлор.

Активный хлор расходуется в воде не только на обеззараживание, но и на окисление растворенных и взвешенных веществ, так называемое хлорпоглощение воды. Связанный хлор характеризуется более низким окислительным потенциалом, а потому его расход во времени более длительный, чем свободного хлора. Этот консервирующий эффект связанного хлора используют при длительном транспортировании воды на большие расстояния. Технология хлораммонизации обес-

печила на всем протяжении магистрального водовода бактериальную безопасность питьевой воды, так как концентрация хлора в воде на выходе из водовода в резервуар чистой воды в г.Харькове оставалась в нормативных пределах (рис.6). Видно, что, когда из-за цветения воды в водохранилище резко ухудшается качество исходной воды (сентябрь 2006 г.), вынуждены были отказываться от хлораммонизации, концентрация хлора снижается до минимума.

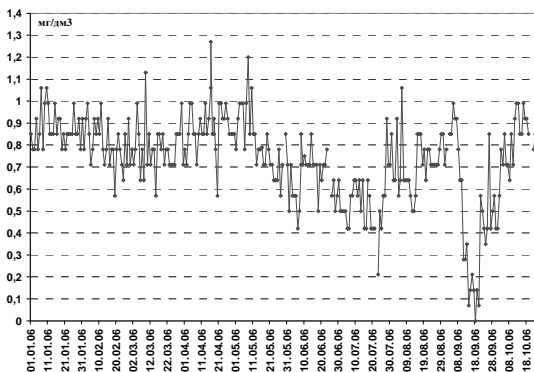


Рис.6 – Концентрация остаточного суммарного хлора в воде на выходе из магистрального водовода в 2006 г.

Отметим, что технология хлораммонизации, кроме положительного микробиологического эффекта, имеет такое важное преимущество, как резкое (почти в 10 раз) снижение содержание в питьевой воде хлорорганических соединений, например, хлороформа (рис.7).

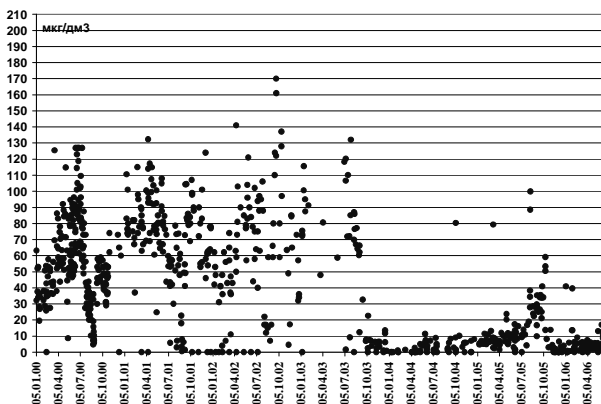


Рис.7 – Концентрация хлороформа в воде в 2000-2006 гг.

Но технология хлораммонизации имеет и определенные ограничения.

Во-первых, из-за низкого окислительного потенциала хлораминов в отношении органических веществ сохраняется органическое загрязнение питьевой воды. Также необходимо учитывать более низкие бактерицидные свойства связанного хлора, т.е. эффект обеззараживания, достигнутый при определенной концентрации свободного хлора, возможно обеспечить при более высоких концентрациях хлораминов. На рис.8 видно, что с внедрением технологии хлораммонизации (с сентября 2003 г.) резко уменьшилось количество проб воды с концентрацией остаточного хлора ниже нормативных требований. Соответственно, в этот период уменьшились флуктуации концентрации остаточного хлора (рис.9). Но при этом не снизилось количество отклонений от нормативных требований по бактериальным показателям – по индексу БГКП (рис.10). Алгоритм расчета величин, представленных на рис.8-10, разработан авторами и изложен в работе [11].

Из-за низкой бактерицидности хлораминов их концентрацию в воде по водоводу выдерживали не ниже $0,4 \text{ мг/дм}^3$, а перед подачей питьевой воды в городскую сеть поднимали концентрацию хлора до $1,0-1,2 \text{ мг/дм}^3$. Ежедневный микробиологический контроль подтвердил, что это гарантирует бактериальную безопасность питьевой воды во всех точках водосети.

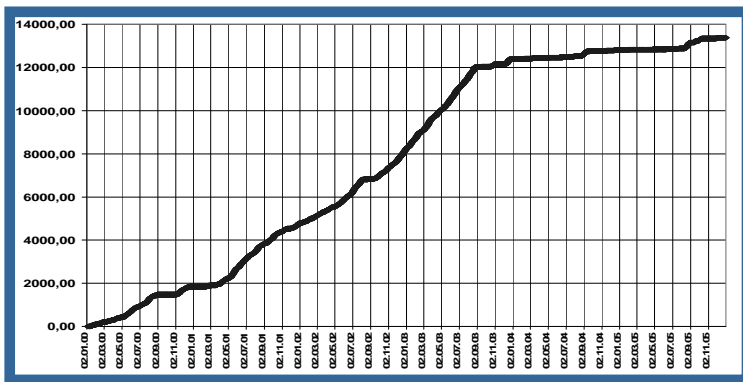


Рис.8 – Динамика роста количества нестандартных проб по хлору в 2000-2005 гг.

Таким образом, существующие технологические схемы имеют значительный резерв управления качеством питьевой воды, который возможно использовать оптимизированием технологических режимов, при этом увеличиваются расходы на реагенты и снижается производи-

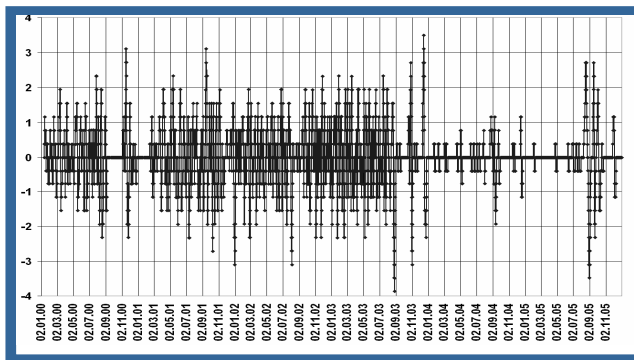


Рис.9 – Флуктуации концентрации хлора в воде в 2000-2005 гг.

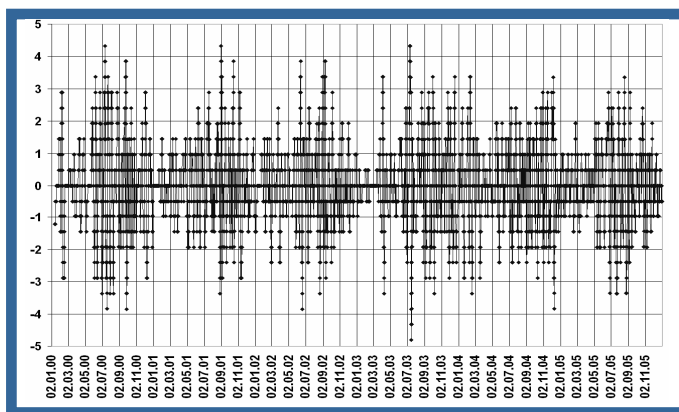


Рис.10 – Флуктуации индекса БГКП в 2000-2005 гг.

тельность сооружений. Управление технологическими режимами водоподготовки необходимо проводить с учетом таких интегральных показателей, как мутность и перманганатная окисляемость исходной и питьевой воды. При снижении мутности воды до минимальных нормативных требований ($0,29 \text{ мг/дм}^3$), а также при обеззараживании воды хлораминами возможно достижение нормативных требований по содержанию хлорорганических соединений, в частности, хлороформа. При хлораммонизации сохраняется качество питьевой воды при ее транспортировании на большие расстояние, но необходимо учитывать сохраняющееся органическое загрязнение питьевой воды и более низкий бактерицидный потенциал хлораминов.

1. Информационный бюллетень Центра теоретического анализа экологических проблем. – 2002. – №10. – С.7.
2. Waterborne pathogens. Manual of water supply practices – M48, 1-st edition. Denwer: AWWA. – 1999. – 286 p.
3. Гончарук В.В., Потапченко Н.Г. Современное состояние проблемы обеззараживания воды // Химия и технология воды. – 1998. – С. 190-216.
4. Wright H.B. Dose requirements for UV disinfection // IUVA news. – 2000. – V. 2. – №3. – P. 14-18.
5. Рекомендации Министерства природных ресурсов России «Экологически чистые подземные питьевые воды (минеральные природные воды), 1997 г.
6. Ainsworth R. Safe piped water: Managing microbial water quality in piped distribution systems. – World Health Organization (WHO), 2004.
7. Automated Drinking Water Systems, Second Edition by Paula H. Dreeszen – June 2003.
8. LeChevallier M.W., Babcock T.M., Lee R.G. Examination and characterization of distribution system biofilms // Appl. Environ. Microbiol. – 1987. – №53 (12). – P.2714–2724.
9. Про підвищення надійності та ефективності функціонування систем водопостачання м.Харкова та інших населених пунктів Харківської області: Постанова КМУ №1844 від 20.12.2000 р.
10. Иксанова Т.И., Малишева А.Г., Растянников Е.Г., Егорова Н.А., Красовский Г.Н., Николаев М.Г. Гигиеническая оценка комплексного действия хлороформа питьевой воды // Гигиена и санитария. – 2006. – №2. – С.8–12.
11. Кобылянский В.Я., Петросов В.А., Максимова Е.Э., Василенко С.Л. Моделирование отклика биосистемы водораспределительной сети на повреждающее воздействие // Интегрированные технологии та энергосбереження. – 2005. – №2. – С.69-72.

Получено 03.11.2006

УДК 628.3

В.М.МАСЛАК, канд. техн. наук

ДОКП «Донецькоблводоканал»

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ І НАПРЯМИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМИ РЕФОРМУВАННЯ ТА ПОЛІПШЕННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Викладено існуючий стан систем водопостачання та водовідведення в Донецькій області та принципи і напрями реалізації Програми реформування і поліпшення цих систем.

Програма реформування та поліпшення водопостачання і водовідведення населених пунктів Донецької області спрямована на розв'язання однієї з найважливіших соціальних проблем Донецького регіону – забезпечення споживачів послугами водопостачання і водовідведення в достатній кількості, з високою якістю при оптимальних, економічно обґрунтованих тарифах, які забезпечують беззбиткове функціонування підприємств водопровідно-каналізаційного господарства.